

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der  
DBG, Kommission VIII  
Titel der Tagung: Böden - eine endliche  
Ressource  
Veranstalter: DBG  
Termin und Ort der Tagung: September  
2009, Bonn  
Berichte der DBG (nicht begutachtete on-  
line Publikation), <http://www.dbges.de>

## **Landesweite und parzellenscharfe Ableitung der Bodenerodibilität mittels prognostischer Verfahren für Rheinland-Pfalz**

T. Behrens<sup>1</sup>, U. Steinrücken<sup>2</sup>, S. Sauer<sup>3</sup>

### **Zusammenfassung**

Zur Erfüllung der Vorgaben der Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung hinsichtlich der Erosionseinstufung wird für Rheinland-Pfalz der K-Faktor der ABAG aus dem Klassenzeichen der Bodenschätzung abgeleitet. Für Flächen ohne großmaßstäbige Bodeninformation wird ein räumlicher Prognoseansatz vorgestellt, mit dem kleinere Lücken mittels Euklidischer Allokation geschlossen und größere Bereiche mittels raum-statistischer Data Mining Verfahren prognostiziert werden. Das Ergebnis ist eine homogene Karte des K-Faktors bei hoher Prognosegüte.

Stichwörter: ConMap, Prognose, K-Faktor, ABAG, Bodenerosion, Bodenschätzung

### **1 Einleitung**

Entsprechend der Zweiten Verordnung zur Änderung der Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung vom 27.02.2009 ist die landwirtschaftliche Fläche durch Rechtsverordnung der jeweiligen Landesregierung bis zum 30.06.2010 nach dem Grad

der Erosionsgefährdung in drei Klassen einzuteilen.

Zur Erfüllung der Vorgaben wird in Rheinland-Pfalz der K-Faktor aus dem Klassenzeichen der Bodenschätzung (Folie 042 der ALK) abgeleitet (Methodendokumentation: [www.lgb-rlp.de/m167.html](http://www.lgb-rlp.de/m167.html)), um aus dem Produkt von R-, S-, und K-Faktor die potenzielle Erosionsgefährdung jedes Flurstücks abschätzen zu können (Friedrich et al., 2008).

In rund 100 der 3114 rheinland-pfälzischen Gemarkungen liegt die Folie 042 noch nicht digital vor. Ebenfalls existieren landesweit landwirtschaftliche Restflächen und Bereiche an Nutzungsgrenzen, an denen durch die Verarbeitung im 20 m Rasterformat Artefakte (Lücken) auftreten können. Da der K-Faktor auch für diese Flächen ermittelt werden muss, werden multi-skalige Prognoseverfahren des "Digital Soil Mapping" eingesetzt.

### **1 Methodik**

#### **1.1 Prognoseverfahren**

Je nach Flächentyp werden unterschiedliche räumliche Prognoseverfahren verwendet. Als schnelles und effektives Verfahren zum schließen von Lücken mit wenigen Pixeln Durchmesser empfiehlt sich das Verfahren der Euklidischen Allokation (EA). Dieses Verfahren wurde für alle angrenzenden Siedlungsbereiche und Wegebereiche mit einer maximalen Entfernung von 3 Pixeln (60 m) von kartierten Schätzungsflächen gewählt. Für angrenzende, nicht kartierte Landwirtschaftsflächen sowie angrenzende Waldbereiche wurde eine Prognose durchgeführt. In der bodenkundlichen Forschung wurden dazu in jüngster Zeit Konzepte und Verfahren entwickelt, die es erlauben, bodenkundliche Informationen unter Einbeziehung weiterer Geobasisdaten (sog. Prädiktoren) zum Ausgangsgestein, zum Relief, sowie zum Klima digitale Prognosekarten zu erstellen (Behrens und Scholten, 2006a). Der Erfolg ist dabei von der Verfügbarkeit, dem Maßstab bzw. der Auflösung sowie der Qualität der Prädiktoren abhängig.

<sup>1</sup> Universität Tübingen, Geographisches Institut, Rümelinstraße 19-23, 72070 Tübingen email: [thorsten.behrens@uni-tuebingen.de](mailto:thorsten.behrens@uni-tuebingen.de)

<sup>2</sup> Soilution GbR, Illinerstraße 118, 62065 Heusweiler, email: [ulrich.steinruecken@soilution.de](mailto:ulrich.steinruecken@soilution.de)

<sup>3</sup> Landesamt für Geologie und Bergbau, Rheinland-Pfalz, email: [stephan.sauer@lgb-rlp.de](mailto:stephan.sauer@lgb-rlp.de)

Der zugrunde liegende Ansatz geht auf die Erkenntnis zurück, dass Böden das Ergebnis einer Bodenbildung sind, die aus den auf das jeweilige Pedon einwirkenden Umweltfaktoren resultiert. Bestehen zwischen Umweltfaktoren und den jeweiligen Böden (Bodenformen, Bodeneigenschaften) Beziehungen, kann man versuchen, über die statistische Analyse dieser Beziehung die Böden zu prognostizieren. Starke Beziehungen zwischen Böden und Umweltfaktoren existieren u.a. für die Faktoren Geologie, Klima sowie insbesondere Relief (s. Behrens et al., 2009a,b).

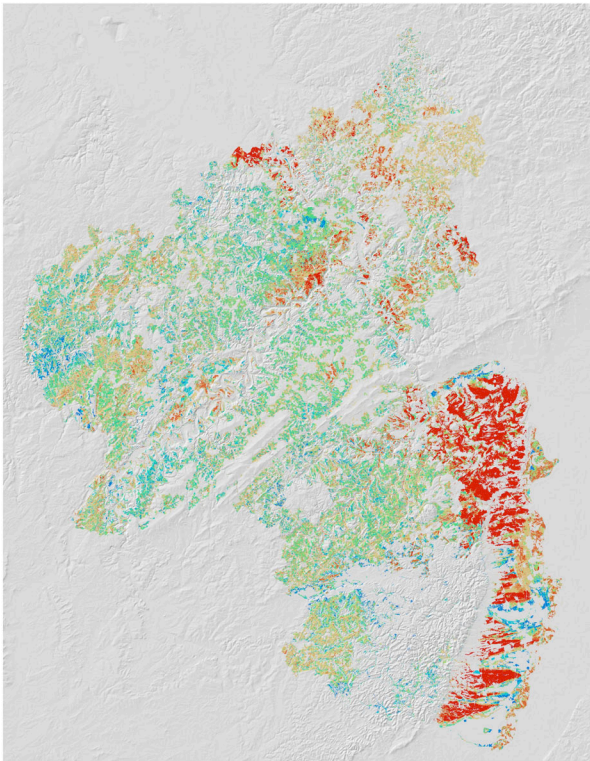
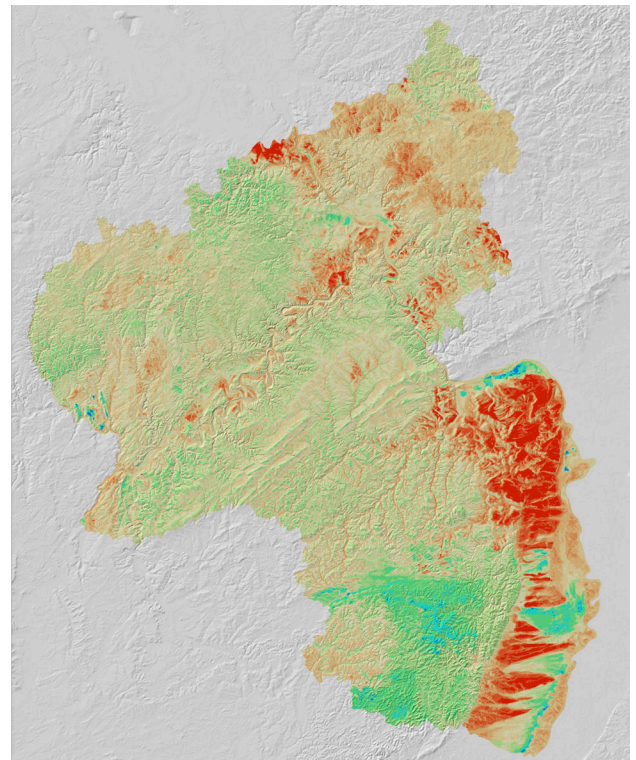


Abb. 1: a) K-Faktoren abgeleitet aus der Bodenschätzung; b) prognostizierte K-Faktoren; blau: niedrige K-Faktoren; rot: hohe K-Faktoren.

Für die Extrapolation von Daten bieten sich entsprechend ihrer Skalierung überwachte Klassifikationsverfahren bzw. Regressionsverfahren an. Hierzu zählen Methoden des maschinellen Lernen (bzw. Data Minings) wie Künstliche Neuronale Netze, Entscheidungsbaumverfahren und Support Vector Machines (Behrens et al. 2005; Behrens und Scholten, 2006b; Behrens et al., 2009a/b). Sie ermöglichen es, die (oft nicht-linearen) Bedingungen, unter denen sich eine Boden- oder Substrateigenschaft entwickelt, zu erfassen und die daraus resultierenden Regeln und Formeln auf Ge-

biote zu übertragen, in denen die gleichen Basisdaten vorliegen. Technisch wird der Ansatz durch eine Kombination von Geographischen Informationssystemen (GIS) und spezieller Data Mining Software realisiert.

In der vorliegenden Studie wurden das Entscheidungsbaumverfahren Random Forests (Breiman, 2001) gewählt, da es sich neben künstlichen Neuronalen Netzen besonders zur Prognose bodenkundlicher Informationen eignen (Behrens et al., 2005; Behrens et al., 2009a).



## 1.2 Multi-skalige Digitale Reliefanalyse

Die Berücksichtigung multipler Skalenebenen in der Regionalisierung von Bodeninformationen ist insbesondere im Landschaftsmaßstab von großer Bedeutung, weil hier, bedingt durch die geomorphometrische Oberflächenformung, Interferenzen zwischen verschiedenen Bodenbildenden Faktoren - wie Relief und Klima - auftreten können. So werden beispielsweise die Windrichtung und -intensität, die Niederschlagsverteilung, aber auch Beschattungseffekte durch die Topographie beeinflusst und können so, an ansonsten identischen Standorten (Exposition, Substrat, Hangneigung, Höhe etc.), zu unterschiedli-

chen Ausprägungen in den Bodeneigenschaften führen. Ein neues Verfahren im Rahmen der reliefbasierten Prognose, welches multiple Skalen berücksichtigt ist ConMap (Behrens et al., 2009a). ConMap ermöglicht es, im Vergleich zu herkömmlicher (multi-skaliger) Digitaler Reliefanalyse (Behrens et al., 2009b), die großräumige geomorphologische Oberflächenstruktur in die Prognose einzubeziehen. Damit wird es erstmals möglich, lokalklimatische Effekte (Niederschlagsverteilung, Beschattung etc.), die durch die Geomorphologie bestimmt werden, indirekt zu berücksichtigen.

Teilraum zwischen 60 und 80 % erklärter Varianz. Sie ist somit als hoch einzustufen und liegt im Bereich, die dem subjektiven Moment einer Feldkartierung entsprechen.

Abb. 1a zeigt die Karte der K-Faktoren auf Basis der in Folie 42 ALK vorliegenden Bodenschätzungsinformationen. Sie diene als Trainingsdatensatz für die Prognosen im Rahmen dieser Studie. Abb. 1b zeigt die Prognose des K-Faktors für alle Bereiche in denen keine Bodenschätzung vorlag.

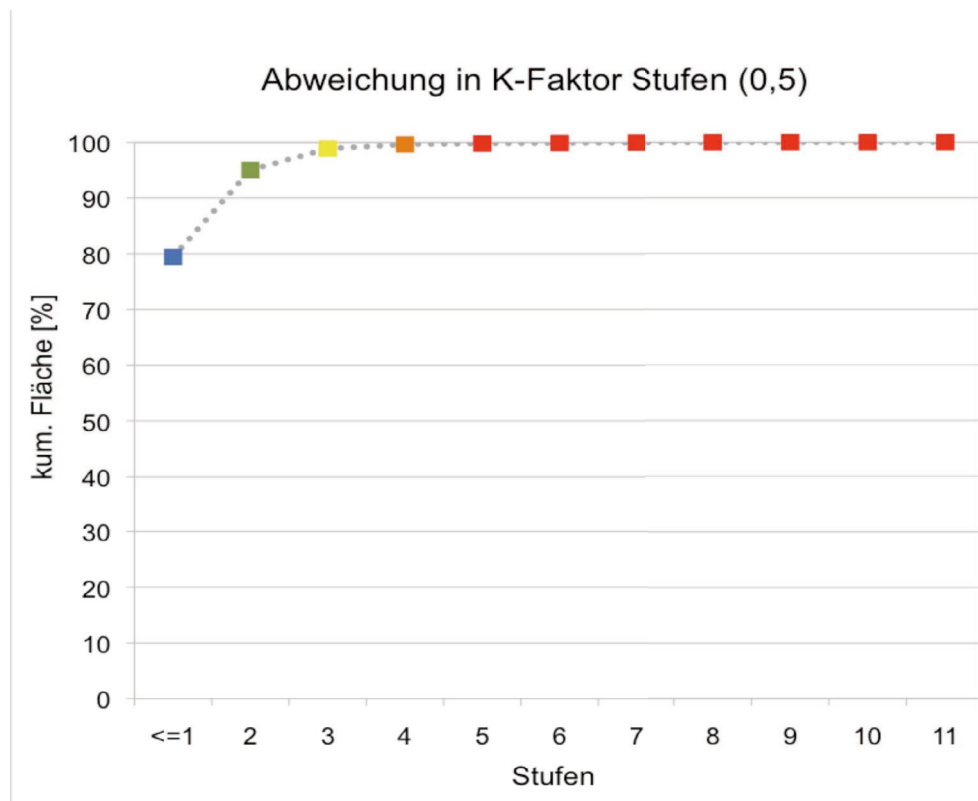


Abb. 2: Abweichung zwischen dem aus der Bodenschätzung abgeleiteten und dem prognostizierten K-Faktor in Faktorstufen in Bezug auf den Flächenanteil der kartierten Bereiche.

## 2 Ergebnisse

Aufgrund der Komplexität einer hauptsächlich reliefgestützten Prognose, im Hinblick auf großräumige Trends und Änderungen im Ausgangsgestein sowie bedingt durch die Größe des Prognosegebietes und den damit einhergehenden Problemen der Datenverarbeitung, wurden insgesamt über 50 Einzelprognosen erstellt. Die Prognosegüte variiert je nach prognostiziertem

In Abb. 2 sind die Abweichungen der K-Faktorstufen in Bezug auf die Gesamtfläche dargestellt. In rund 80 % der Fläche liegt die Abweichung bei  $\leq 1$  Faktorstufe (0,05er Schritte).

## 3 Diskussion

Die Gründe, warum eine Prognosegüte von 100 % nicht erreicht werden kann, sind vielfältig. Die wichtigsten sollen im Folgenden kurz dargestellt werden. Abb. 3 zeigt die Häufigkeitsverteilung der aus der Bodenschätzung abgeleiteten sowie der prognostizierten K-Faktoren. Interessanter-

weise zeigen die abgeleiteten K-Faktoren eine starke Abweichung zur Normalverteilung. So ist beispielsweise die Klasse 0,3 geringer besetzt als die Klassen 0,25 und 0,35. Klasse 0,45 fehlt vollständig. Dies kann Modell- wie auch Daten-bedingte Ursachen haben. In einem Regressionsansatz werden diese Klassen jedoch als Übergangsbereiche prognostiziert, sodass hier per se größere Unsicherheiten auftreten.

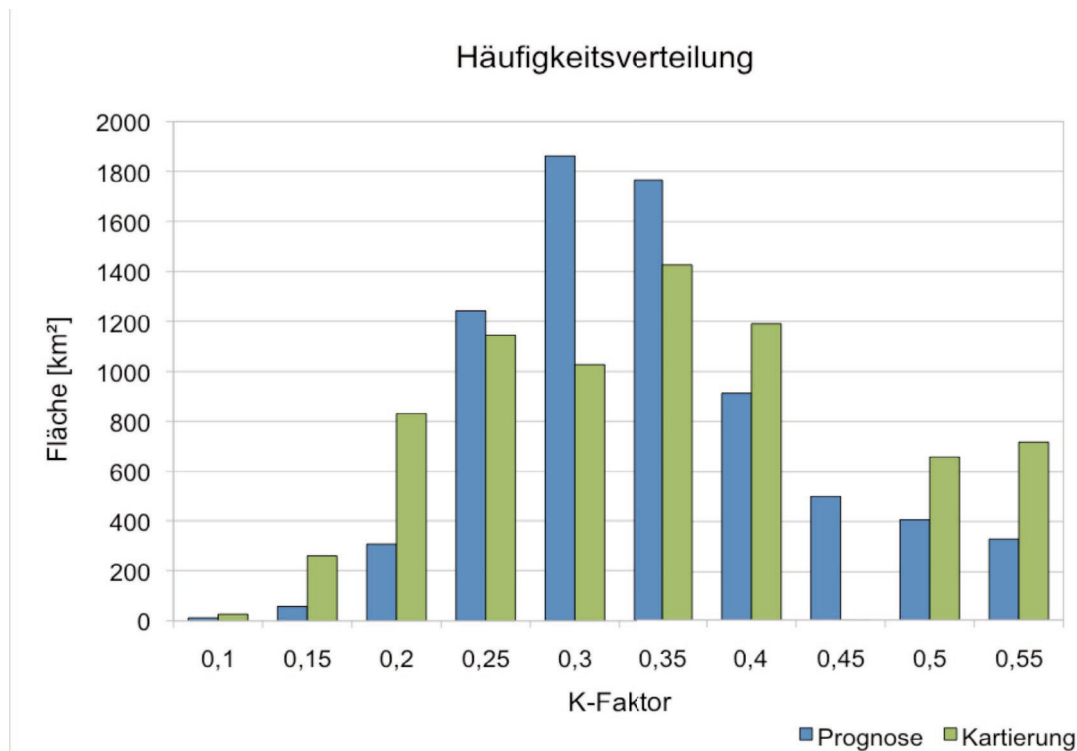


Abb. 3: Häufigkeitsverteilungen der K-Faktoren; grün: Ableitung aus der Bodenschätzung; blau: Prognose.

Eine weitere Fehlerquelle der Prognose ist der Einfluss des Kartierers. Generell gilt, dass der mittlere Prognosefehler geringer wird, je mehr unterschiedliche Kartierer in einem Trainingsdatensatz verwendet werden, da sich somit Unsicherheiten „herausmitteln“. Jedoch verliert die räumliche Prognose dabei unter Umständen an Trennschärfe. Wünschenswert wäre die Auswahl besonders qualifizierter Kartierer für jedes Trainingsgebiet, um das Prognoseergebnis zu verbessern. Eine gezielte Auswahl an Kartierern ist jedoch aufwendig und würde ein weiteres subjektives Moment induzieren. Daher wurde im Rahmen dieser Studie auf eine Auswahl verzichtet.

## Literatur

- Behrens, T., Förster, H., Scholten, T., Steinrücken, U., Spies, E.-D. & Goldschmidt, M. 2005. Digital soil mapping using artificial neural networks. *JPNSS*, 168, 21–33.
- Behrens, T. & Scholten, T. 2006a. Digital soil mapping in Germany – a review. *JPNSS*, 169, 434–443.
- Behrens, T., Scholten, T., 2006b. A comparison of datamining approaches in predictive soil mapping. In: Lagacherie, P., McBratney, A., Voltz, M. (Eds.), *Digital Soil Mapping – An Introductory Perspective*. In: *Developments in Soil Science*, vol. 31. Elsevier, Amsterdam.
- Behrens, T., Schmidt, K., Zhu, A.-X., & Scholten, T., 2009a. The ConMap approach for terrain based digital soil mapping. *European Journal of Soil Science*, accepted.
- Behrens, T., Zhu, A.-X., Schmidt, K., & Scholten, T., 2009b. Multi-scale digital terrain analysis and feature selection for digital soil mapping. *Geoderma*: doi:10.1016/j.geoderma.2009.07.010
- Breiman, L., 2001. Random Forests. *Machine Learning*, 45, 5-32.
- Friedrich, K., Goldschmidt, M., Krzyzanowski, J., Miller, R., Peter, M., Sauer, S., Schmanke, M. & T. Vorderbrügge, 2008. Großmaßstäbige Bodeninformationen für Hessen und Rheinland-Pfalz - Auswertung von Bodenschätzungsdaten zur Ableitung von Bodenfunktionen und -eigenschaften. Umwelt und Geologie, Wiesbaden.